

Research on Performance Improvement and Energy Saving Technology for Radio and Television Transmission Systems

CiRendawan

Yadong Medium Wave Relay Station, Tibet Autonomous Region Radio and Television Bureau, Rikaze, Tibet, 857000, China

Abstract

Within the context of smart broadcasting infrastructure development and carbon neutrality policy implementation, radio and television transmission systems serve as critical signal transmission hubs. Their transmission quality and energy consumption directly impact industry service standards and sustainable development capabilities. Traditional transmission equipment exhibits limitations including low power amplifier efficiency, poor signal linearity, high energy consumption, and inefficient maintenance practices, which fail to meet ultra-high-definition transmission requirements and converged media demands. This study focuses on performance enhancement and energy conservation in transmission systems, identifies operational challenges, and explores cutting-edge technologies such as wide-bandgap device applications, digital pre-distortion techniques, and intelligent power management solutions. Through engineering case studies, we propose optimization strategies to provide theoretical foundations and practical references for equipment upgrades and energy management in broadcasting stations, thereby promoting green development and high-quality growth within the broadcasting industry.

Keywords

Radio and television; Transmission system; Performance optimization; Energy conservation and consumption reduction

广播电视发射系统性能提升与节能技术研究

次仁达瓦

西藏自治区广播电视局亚东中波转播台, 中国·西藏 日喀则 857000

摘要

在智慧广电建设和双碳政策推行的的大环境下, 广播电视发射系统属于信号传递的关键枢纽, 它的传输品质以及能耗状况关系到整个行业的服务水平和可持续发展能力。传统的发射设备存在功放效率低、信号线性差、能耗高、运维粗放等缺点, 不能满足超高清、融媒体传输的要求。本文主要针对发射系统性能提升和节能降耗两个方面进行分析, 找出目前存在的运行问题, 探究宽禁带器件的应用、数字预失真的使用、智能功耗控制等前沿技术的应用途径, 结合工程实践给出优化方案, 为广电台站设备升级、节能管理提供理论依据和实践借鉴, 促进广电行业的绿色发展、高质量发展。

关键词

广播电视; 发射系统; 性能优化; 节能降耗

1 引言

伴随着全媒体传播体系建设提速、绿色低碳理念的全面推广, 广播电视行业又对信号传输质量提出了更高的要求, 同时也在努力实现节能减排的目标。发射系统是广电信号覆盖的重要环节, 老式设备存在的性能缺陷以及高能耗问题, 已经成为限制行业发展的瓶颈。超高清视频、数字广播全面普及之时, 改善发射系统信号稳定状况、线性水平及传输效能, 削减运行能耗, 既是保证播出安全的前提条件, 又是达成双碳目标的必然趋向。本文以行业实际为立足点, 从性能提升和节能技术两个方面入手, 对存在的问题进行梳

理, 挖掘出技术途径, 促进发射系统向高效、低碳、智能化的方向发展, 为广电行业的健康发展奠定基础。

2 广播电视发射系统运行现状与核心痛点

2.1 传统发射设备性能瓶颈突出

目前我国部分台站仍然使用老式的电子管以及常规的固态发射机, 硬件器件及架构存在着先天的不足之处, 是造成性能提高的主要障碍。传统的发射机功放大多使用 LDMOS 器件和 AB 类结构, 其效率只有 50% 到 65%, 大部分电能被转化成了热能消耗掉, 不但增加了能耗, 还使设备容易发热, 运行不稳定。该类设备信号线性度不好, 处理高清、超高清信号的时候容易产生幅度相位失真、邻道干扰等状况, 造成边缘覆盖区信号质量差。同时设备没有数字化的校正功能, 增益波动大、带内平坦度不达标, 老化后故障

【作者简介】次仁达瓦(1982-), 男, 藏族, 中国西藏日喀则人, 本科, 工程师, 从事广播电视工程研究。

率上升,运维成本居高不下,不能满足新时代高质量、高带宽信号传输的要求。

2.2 系统能耗偏高且节能管控滞后

广播电视发射系统要全年不间断工作,能耗成本在台站运营支出中所占比例较高,传统的粗放式运行方式使能源浪费更加严重。老式发射机没有动态功耗调节的功能,无论负载高低都满功率工作,夜间、低收视时段无效能耗占比很高。配套的冷却、供电系统也没有实现智能联动,冷却设备一直保持定速运行,供电线路无功损耗大、功率因数低,使整个系统的能耗进一步提高^[1]。大多数台站的节能管理停留在表面,没有形成精细化、智能化的能耗监测和调控体系,不能挖掘出节能潜力,也不符合国家双碳目标对广电行业绿色运行的硬性要求。

2.3 技术适配性与运维智能化不足

随着数字广电的全面推行,传统的发射系统技术适配性以及运维智能化水平都存在着很大的问题。老旧设备接口单一、兼容性差,不能适应 DRM、DVB-T2 等新一代数字传输标准,带宽拓展和频谱利用率提高困难,设备更新换代压力大。运维工作依然沿用人工巡检、事后抢修的传统方式,缺少对设备运行参数、信号质量、能耗数据的实时监测和预警机制,故障处置滞后,很容易造成信号停播事故,影响播出安全。加上运维人员对于新型节能、数字化技术掌握不够,台站缺少系统的升级方案,只做局部更换,不能达到性能和节能效益的同步提高,背离了智慧广电的发展方向。

3 广播电视发射系统性能提升核心技术

3.1 宽禁带功率器件与高效功放架构革新

功率放大器是发射系统的核心部分,采用宽禁带器件、改进功放结构,是克服性能瓶颈的主要方法。相比于传统的 LDMOS 器件,GaN、SiC 等宽禁带半导体器件具有开关速度快、导通损耗小、耐高温、高频特性好等特点,在功放模块中使用可以大大提高效率和信号的线性度。使用 Doherty、Class-E 等高效拓扑结构可以冲破传统的 AB 类功放效率极限,让整机功放效率达到 75%-90%。工程实践表明,使用 GaN 器件加 Doherty 架构的新型发射机,信号带内波动、邻道泄漏抑制等指标得到明显改善,可以很好地满足超高清信号传输的要求,而且可以降低设备的发热,延长设备的使用寿命,提高设备的运行稳定性。

3.2 数字预失真(DPD)线性化校正技术

数字预失真技术可以解决发射系统效率高而信号线性度不好之间的矛盾,是发射系统高效运行与信号线性度的结合点。该技术在基带数字端建立和功放非线性特性相反的预失真模型,对输入信号进行预先畸变处理,经过功放放大后抵消自身失真,得到理想的线性输出,克服了传统功放牺牲效率来保证线性的弊端^[2]。数字预失真的校正精度比模拟线性化技术高,能够适应多种载波、高阶调制信号,能较好地

抑制信号干扰,提高频谱利用率。利用 FPGA 芯片做自适应算法可以实现实时跟踪功放状态变化,自动调节校正参数,实测得到邻道泄漏抑制比提高 20dB 以上,达到性能和效率双提升的目的。

3.3 发射系统配套链路优化技术

实现发射系统整体性能的提高,就要同时改善信号激励、馈线传输、天线匹配等配套链路,补齐链路短板。信号激励端用全数字激励源代替传统的模拟模块,精确控制载波和调制精度,消除源头失真,支持多种数字广播标准,提高设备通用性。馈线传输部分采用低损耗射频电缆、标准接头,改善布线位置,更换旧线缆,削减信号传输衰减及反射,加强有效辐射功率。天线端做好阻抗匹配调试,降低驻波比,减少功率反射损耗,防止设备保护停机,提高覆盖均匀度。另外选用低插损、高抑制的多工器、滤波器来降低链路损耗,保证信号高效稳定地传输。

4 广播电视发射系统节能关键技术与实践方案

4.1 动态功耗自适应调控节能技术

动态功耗自适应调节技术,是根据发射系统运行规律来减少无用能耗的最主要节能技术。利用信号调制度、负载需求等参数,按事先设定好的策略自动调节发射功率,低负载、非黄金播出时段降低发射功率,维持基本信号覆盖,高峰时段恢复到满功率运行,达到节能和保障传输质量的目的。对于中短波广播系统可以采用载波功率动态控制技术,在没有信号或者低调制的时候将载波能耗降到最低,信号恢复以后迅速回到额定功率。从试点数据可知,搭载该技术的发射系统,在非高峰时段能耗比原来降低 30%-45%,全年的综合节能率可以达到 20% 以上,不会对信号接收和覆盖造成影响。

4.2 高效供电与余热回收节能技术

改善供电系统,回收设备余热,可以从能源输入和循环利用的角度来发掘节能的潜力。供电部分使用高效率开关电源以及功率因数校正模块,代替传统的线性电源,使电源转换效率达到 95% 以上,减小无功损耗,降低用电成本。对供电线路进行改造,在电力设施中增设稳压滤波器来消除由于电压波动和谐波干扰造成的影响。根据功放运行时产生的余热,建立回收系统,把余热用于台站的供暖、热水供应等,减少能源的浪费。配置智能变频冷却系统,根据设备、环境温度的变化调节转速,防止冷却设备空载运行造成能源浪费。经过计算可知,本方案可以使系统的综合能耗降低 10% 到 15%,提高能源利用率。

4.3 老旧设备节能化升级改造方案

对台站存量老式发射机实施有针对性的节能升级改造,性价比比整机更换高得多,可以迅速达到降能耗、提性能的目的。保留完好的机架、底座等结构,更换核心功放模块,加装宽禁带器件和高效功放板,搭载数字预失真、动态功耗

调节单元,提高效率的同时实现智能调节^[3]。同步升级数字激励源,更换变频散热风机,改善冷却系统,减小配套能耗。对无改造价值的超期电子管发射机逐步更换成新型高效固态发射机,并完成配套链路的适配改造。多地实践表明,经过改造的设备整机效率提高20%以上,能耗下降25%左右,信号质量得到改善,盘活了存量资产又达到了节能的目的。

4.4 系统化能耗监测与精细化管理

创建起系统的能耗监测体系以及精细化的管理机制,这是保证节能技术长久有效实施的重要途径。搭建能耗在线监测平台,对各个设备单元的能耗数据进行实时采集,并对分类统计和分析,准确找到高耗电位和浪费环节,形成完整的能耗台账。根据台站播出计划制定出详细的节能管控措施,对不同时段、不同负载的设备运行参数及节能指标进行规定,并落实到具体的岗位上。对能耗实行定时检查、节能成效开展评价,将改造前后的能耗数值加以对比,改进控制办法,发掘隐藏的节能潜力。另外还要加强运维人员的技术培训,规范设备的操作,防止人为的能耗浪费,形成闭环的管理模式,保证节能效益的持续稳定。

5 技术发展趋势与研究展望

5.1 全固态、集成化发射设备成为主流

未来的广播电视发射设备将会全部向着全固态、高集成化方向发展,电子管发射机彻底退出历史舞台,宽禁带器件固态发射机将取代它的地位,成为行业发展的主流。伴随着半导体技术的不断更新,GaN、SiC器件的成本持续下降,集成度不断提高,功放模块向着小体积、高效率、低损耗的方向发展,整机设备轻量化、易部署。发射系统把功放、激励、校正、控制模块集成在一起,减小链路损耗,简化运维工作,提高运行稳定程度。本类设备不但可以满足沉浸式媒体、超高清信号传输的要求,而且可以降低能耗,符合智慧广电建设标准,是广电传输网络升级的主要硬件支持。

5.2 绿色低碳与高效传输深度融合发展

在双碳目标的引领之下,绿色低碳技术和高效传输技术会深度融合,形成零碳低耗、高性能的广电发射节点。未来台站会逐渐接入光伏、储能等可再生能源供电系统,以达

到清洁能源替代的目的,从而减少碳排放^[4]。新型节能拓扑、超低损耗器件、余热深度回收技术不断更新,能源综合利用率接近理论上限,近零浪费运行。节能技术也会同新一代传输标准深度融合,一方面在提高频谱利用率、扩大覆盖范围的时候,又会不断降低能耗,从而达成传输、节能、社会效益三赢的局面,促使广电行业全面迈向绿色高质量发展。

5.3 标准化、规范化助推技术落地普及

随着相关技术的发展,广播电视发射系统性能和节能标准会越来越完善,给设备的研发、改造、运维提供统一的规范。行业会制定出高效发射机、智能控制设备的技术标准,对性能、能耗等指标做出规定,防止使用低效的设备或者不合格的改造。根据不同的台站规模制定不同的升级标准,使新技术得到规范化的应用。创建统一的节能效果和性能监测系统,有利于台站自主改善,促进先进技术规模化推广。依靠标准引领、政策扶持,使中小台站低成本完成升级,全面提高全国广电发射系统整体性能及节能水平。

6 结语

广播电视发射系统性能提高和节能降耗,是保证播出安全、落实双碳目标的主要手段。采用宽禁带器件革新、数字预失真校正、智能功耗调控、配套链路优化等技术手段可以有效地改善传统设备的性能短板以及高能耗问题,达到信号质量和节能效果双提升的目的。随着全固态集成化、人工智能、绿色低碳技术的发展,发射系统也向着高效、智能、低耗方向发展。广电行业要立足实际,稳步推进设备更新和技术创新,创建起高质量、低碳化的传输体系,助力行业长久稳健发展。

参考文献

- [1] 董宪平. 低延迟广播电视直播技术的实现与性能优化[J]. 电声技术, 2025, 49 (03): 119-121.
- [2] 李刚. 广播电视档案电子化管理系统性能优化与负载均衡分析[J]. 家庭影院技术, 2025, (06): 43-45.
- [3] 张虎,吕弦. 广播电视卫星传输链路设计与性能优化[J]. 电视技术, 2025, 49 (02): 117-119.
- [4] 李明洁. 数据挖掘在现代广播电视技术维护中的应用[J]. 卫星电视与宽带多媒体, 2024, 21 (22): 22-24.